

**XIII. TERMÉSZET-, MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYOK  
ALKALMAZÁSA NEMZETKÖZI KONFERENCIA**

**13<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLICATIONS OF  
NATURAL, TECHNOLOGICAL AND ECONOMIC SCIENCES**



**ELŐADÁSOK – PRESENTATIONS**

**Nyugat-magyarországi Egyetem – University of West Hungary**

**SZOMBATHELY, 2014. május 17.**

**HUNGARY**

**XIII. TERMÉSZET-, MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYOK  
ALKALMAZÁSA NEMZETKÖZI KONFERENCIA**

**13<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLICATIONS OF  
NATURAL, TECHNOLOGICAL AND ECONOMIC SCIENCES**



**ELŐADÁSOK – PRESENTATIONS**

**Nyugat-magyarországi Egyetem – University of West Hungary**

**Szerkesztette – Edited by  
Mesterházy Beáta**

**ISBN: 978-963-359-039-3**

**SZOMBATHELY, 2014. május 17.**

**HUNGARY**

# A KÁRPÁT-MEDENCE RÉGIÓJÁRA VÁRHATÓ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS ELEMZÉSE HOLDRIDGE ÉLETZÓNA RENDSZERE ALAPJÁN

Szelepcsényi Zoltán<sup>1</sup>, Breuer Hajnalka<sup>2</sup>, Sümegi Pál<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Szegedi Tudományegyetem, Földtani és Őslénytani Tanszék; 6722 Szeged, Egyetem u. 2–6.

<sup>2</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék; 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A

E-mail: szelepcsényi@geo.u-szeged.hu, bhajni@nimbus.elte.hu, sumegi@geo.u-szeged.hu

**Absztrakt:** Munkánk során az egyes Holdridge-féle életzónák horizontális és vertikális kiterjedésének, illetve átlagos középpontjának várható változásait vizsgáltuk a Kárpát-medence régiójára. A vizsgálatokhoz az ENSEMBLES projekt 11 db klíma-szimulációjának korrigált hőmérséklet- és csapadékmezőit használtuk fel.

**Kulcsszavak:** Holdridge, életzóna, éghajlatváltozás, regionális klímamodell

## 1. Bevezetés

Manapság egyre több környezetvédelmi fórumon merül fel annak igénye, hogy az éghajlatváltozás tényét az eddigiekhez képest újult formában prezentáljuk. A hőmérséklet- és csapadékváltozás könnyebben értelmezhető, ha azt hangsúlyozzuk, hogy azok együttesen milyen ökológiai következményeket idézhetnek elő. Emiatt gondoltuk úgy, hogy térségünk jövőben várható éghajlatát valamely biofizikai klímaklasszifikációs módszerrel érdemes kiértékelnünk. A szóba jöhető lehetőségek közül végül egy viszonylag egyszerűt, Holdridge életzóna rendszerét alkalmaztuk. Holdridge (1967) az egyes klímátípusokat szemléletesen a potenciális vegetáció segítségével definiálja. Feltételezésünk szerint ez lehetővé teszi, hogy eredményeink akár a lakossági tájékoztatásban is felhasználhatóak legyenek.

Az életzóna rendszer (Holdridge, 1947, 1967) alapvetően az éghajlatban adódó területi különbségek definiálására lett kifejlesztve. A módszer alkalmazási köre azonban az éghajlatváltozás felismerésekként jelentősen módosult. A klímaváltozás vegetációra gyakorolt hatásának elemzése céljából először Emanuel et al. (1985) alkalmazták. Munkájuk során elsőként mutatták meg, hogy az éghajlatváltozás a magasabb földrajzi szélességeken drasztikus változásokat indukálhat a vegetációban; továbbá hogy a szárazodás az egész Földet érintheti. Azóta a módszert már számos esetben alkalmazták a jövőben várható klímaváltozás potenciális ökológiai hatásainak elemzésére (pl. Chen et al., 2003; Yue et al., 2006, 2011).

## 2. Felhasznált adatok: az ENSEMBLES szimulációk korrigált adatsorai

Holdridge (1947, 1967) módszere a hőmérséklet és a csapadék havi idősorait igényli. Vizsgálatainkhoz az ENSEMBLES projekt (van der Linden and Mitchell, 2009) 11 db klíma-szimulációját választottuk ki (1. táblázat). A projekt során követelmény volt: a. a szimulációk az A1B kibocsátási szcenárióra (Nakicenovic and Swart, 2000) vonatkozzanak; b. a modellek 1950-től vagy 2050-ig, vagy 2100-ig, tranziens módon fussanak; c. 25 km-es horizontális felbontást alkalmazva. A kiválasztott regionális klímamodellek (RCM) mindegyike a század végéig futott, peremfeltételeiket három különböző globális klímamodell (GCM) szolgáltatta.

A vizsgálatokhoz azonban nem közvetlenül a nyers adatokat használtuk fel, a szimulált adatsorok először egy hibakorrektív eljárásen estek át. A korrekciót a csapadékadatokra Pongrácz et al. (2013) végezték el, míg a középhőmérsékleteket mi korrigáltuk. Az eljárás elméleti hátterét az adja, hogy két adatsor abban az esetben tekinthető statisztikailag közel azonosnak, amennyiben azonosak a sűrűség- és eloszlásfüggvényeik. A módszer lényege így abban rejlik, hogy a szimulált adatsor eloszlásfüggvényét a mérési adatsor eloszlásfüggvé-

nyéhez simítjuk (Formayer and Haas, 2009). Az eljárás során az azonos időszelre vonatkoztatott eloszlásfüggvények inverzeit felhasználva hibakorrekciós faktorokat származtatunk, amelyekkel aztán a szimulált adatsor teljes idősorát korigáljuk – feltételezve, hogy a hibastatisztika időben változatlan. A faktorokat rácsponthonként, havi bontásban határoztuk meg az 1951–2000-es időszak alapján. Referencia-adatbázisként, azaz „mérési adatsorként” az E-OBS adatbázist (Haylock et al., 2008) használtuk.

Vezérlő GCM	RCM	Résztvevő intézet
HadCM3Q	CLM	ETHZ (Zürichi Szövetségi Technológiai Intézet, SUI)
	HadRM3Q0	HC (Hadley Központ, GBR)
	RCA3	C4I (Írország Közösségi Klímaváltozási Konzorciuma, IRL)
	RCA	SMHI (Svéd Meteorológiai és Hidrológiai Intézet, SWE)
ECHAM5	RegCM	ICTP (Nemzetközi Elméleti Fizikai Központ, ITA)
	RACMO2	KNMI (Holland Királyi Meteorológiai Szolgálat, NED)
	REMO	MPI (Max Planck Intézet, GER)
	HIRHAM5	DMI (Dán Meteorológiai Intézet, DEN)
ARPEGE	HIRHAM	
	ALADIN	CNRM (Nemzeti Meteorológiai Kutatóközpont, FRA)

1. táblázat – A vizsgálatokhoz felhasznált regionális klímamodellek (RCM), az őket vezérlő globális klímamodellek (GCM) és a projektben résztvevő intézetek

Vizsgálataink tárgya a Kárpát-medence régiója volt, így az életzóna rendszer alkalmazásához szükséges hőmérséklet- és csapadékmezőkből a k. h. 13,875–26,375°-a és az é. sz. 43,625–50,625°-a közötti területet választottuk le. A napi értékekből havi átlagokat és összegeket képeztünk, továbbá származtattuk a havi középhőmérsékletek és a havi csapadékösszegek ensemble átlagát is. A 150 éves idősből végül csak három időszakot vizsgáltunk: jelen (1961–1990, T1), közeljövő (2021–2050, T2) és távoli jövő (2061–2900, T3). A kiválasztott időszakokra nézve minden rácsponthoz meghatároztuk a havi középhőmérsékletek és a havi csapadékösszegek átlagos értékeit. Holdridge módszerét a továbbiakban ezekre az éghajlati átlagokra alkalmaztuk, azaz 11 db RCM szimulációra és azok ensemble átlagára nézve tudtuk meghatározni életzóna-térképeinket.

### 3. Alkalmazott módszerek

#### 3.1. Holdridge életzóna rendszere

Holdridge (1947, 1967) egy olyan geometriai modellt dolgozott ki, amellyel adott éghajlati feltételek mellett konstruálható vegetációtípusokat lehet meghatározni. Modelljéhez három klímaindexet definiált: évi közepes biohőmérséklet (*ABT*), éves csapadékösszeg (*APP*), potenciális párolgási arány (*PER*).

Holdridge az *ABT* fogalmának definiálásakor figyelembe vette, hogy a vegetatív növekedés – és ezáltal a nettó primer produkció – csak egy bizonyos hőmérsékleti tartományban valósulhat meg. Jelen vizsgálatok során az *ABT* értékét a havi középhőmérsékletek felhasználásával határoztuk meg a következő formula alapján (Holdridge, 1947) (1):

$$ABT = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} T(i) \quad , \text{ ha } 0^{\circ}\text{C} \leq T(i) \leq 30^{\circ}\text{C} \quad (i = 1, 2, \dots, 12) \quad (1)$$

, ahol  $T(i)$   $i$ -edik hónap havi középhőmérséklete [ $^{\circ}\text{C}$ ],  $ABT$  évi közepes biohőmérséklet [ $^{\circ}\text{C}$ ].

A potenciális párolgási arány (*PER*) azt fejezi ki, hogy a csapadékból származó víz (*APP*) hányad része fordítódhat evapotranszpirációra (*APE*) (2). Az *APP*-t ez esetben a havi csapadékösszegek alapján származtattuk (3). Az *APE* értékét az *ABT* és egy tapasztalati érték

szorzata alapján kaptuk meg (Holdridge, 1959) (4). Az  $APE$  azt fejezi ki, hogy hány mm víz párologna el akkor, ha a talajnedvesség nem jelentkezne limitáló tényezőként, és csak a légköri állapothatározók befolyásolnák a párolgás folyamatát.

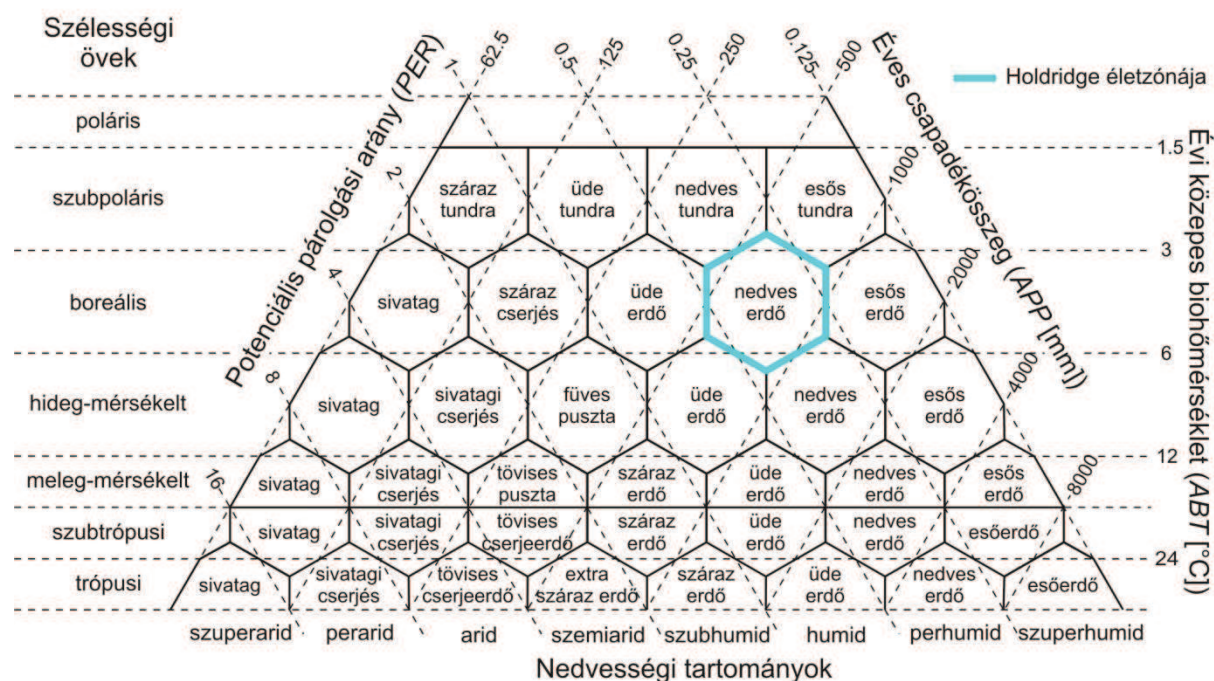
$$PER = \frac{APE}{APP} \quad (2)$$

$$APP = \sum_{i=1}^{12} P(i) \quad (3)$$

$$APE = 58,93 \cdot ABT \quad (4)$$

, ahol  $PER$  dimenziótalan potenciális párolgási arány,  $APE$  évi potenciális evapotranspiráció [mm],  $APP$  éves csapadékösszeg [mm],  $P(i)$   $i$ -edik hónap havi csapadékösszege [mm].

Azon leíró módszerek közül, amelyek kizárólag hőmérséklet- és csapadékadatokat használnak, Holdridge életzóna rendszere az egyik legelfogadhatóbb, szárazföldi ökoszisztémákat leíró módszer. Ugyanis az életzónák mindegyike egzakt kritériumok alapján meghatározható. A definiált életzónák viszonyrendszere pedig egy háromszögdiagramban könnyen szemléltethető. Ez az úgynevezett Holdridge-féle háromszögdiagram (1. ábra).



1. ábra – A Holdridge-féle háromszögdiagram (Holdridge (1967) alapján)

### 3.2. Az életzónák vizsgálata során alkalmazott módszerek

Az életzónák területi eloszlásának elemzésekor számba vettük az egyes életzónák horizontális és vertikális kiterjedésének, illetve átlagos középpontjának várható változásait.

Az életzónák átlagos középpontját a következőképpen határoztuk meg (Hart, 1954):

$$q_j(v,t) = \frac{\sum_{i=1}^{N_j(v,t)} Q_{ij}(v,t)}{N_j(v,t)} \quad (5)$$

, ahol  $v$  változó (1: földrajzi hosszúság, 2: földrajzi szélesség),  $t$  idő,  $N_j(v,t)$   $j$ -edik életzóna-típusba tartozó rácspontok száma  $t$ -ben,  $q_j(v,t)$   $v$  változó átlagos értéke  $j$ -edik életzóna-típus esetén  $t$ -ben,  $Q_{ij}(v,t)$   $v$  változó értéke a  $j$ -edik életzóna-típus  $i$ -edik rácspontjában  $t$ -ben.

Munkánk során meghatároztuk a legnagyobb és a legkisebb területi változást becsülő szimulációkat. Ezt a jelenre (1961–1990, T1) és a távoli jövőre (2061–2090, T3) vonatkozó

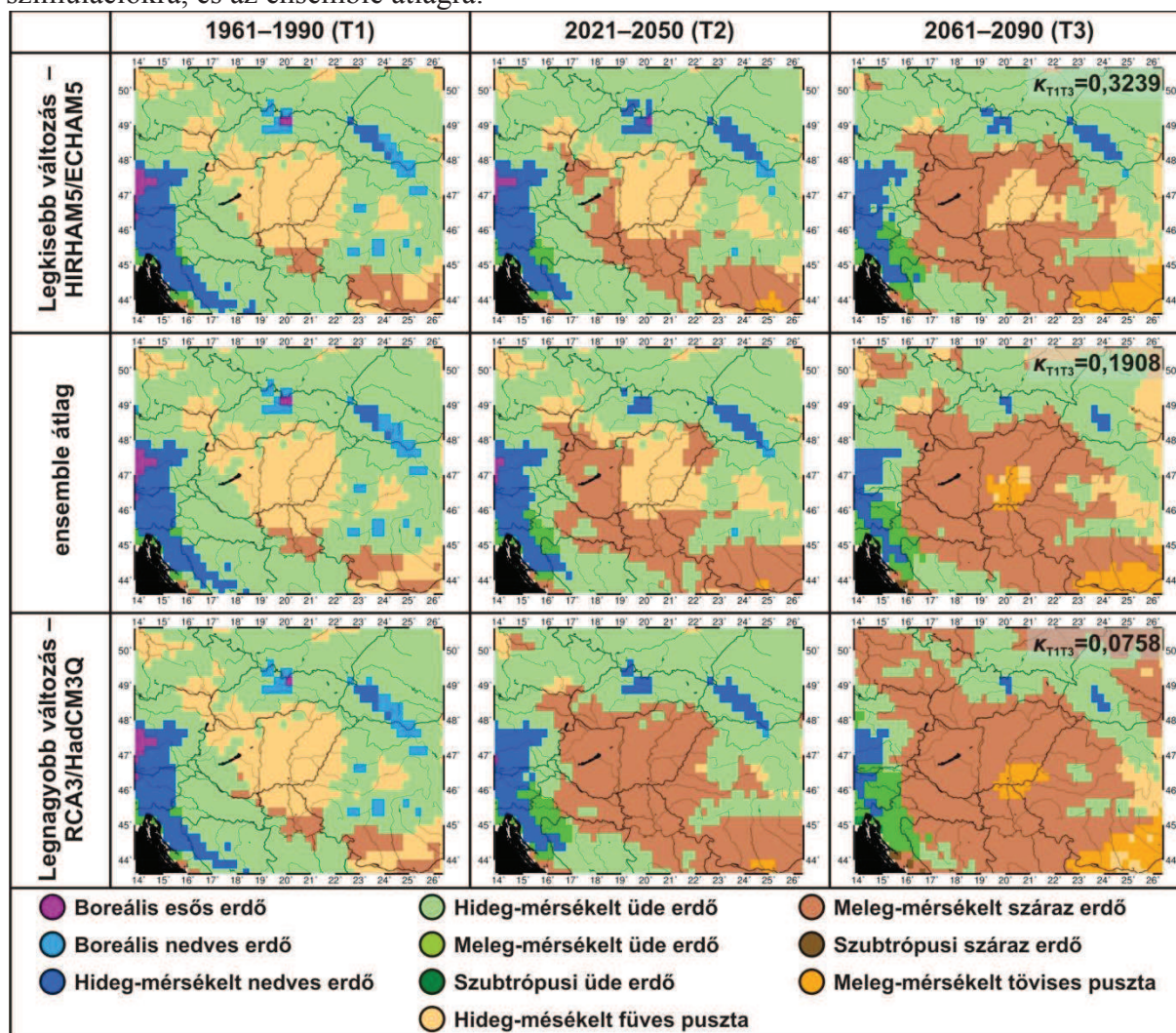


életzóna-térképek összevetésével tettük meg. Az egyezések mértékét szimulációnként a Cohen-féle Kappa mutatóval ( $\kappa$ ) határoztuk meg. A  $\kappa$  értéke 0 és 1 között változhat, a 0 a teljesen eltérő mintázatot jelenti, míg az 1 a tökéletes egyezést. A módszer teljes körű matematikai leírását Monserud and Leemans (1992) cikkében találjuk meg.

## 4. Eredmények

### 4.1. Az életzónák horizontális eloszlása

A prognosztizált éghajlatváltozás és annak bizonytalansága megfelelően érzékeltethető az életzónák horizontális eloszlásának változásai alapján. A 2. ábra a jelenre (1961–1990, T1), a közeljövőre (2021–2050, T2) és a távoli jövőre (2061–2090, T3) nézve mutatja be az életzónák területi eloszlását: a legkisebb és a legnagyobb területi változást prognosztizáló szimulációkra, és az ensemble átlagra.



2. ábra – A Kárpát-medence életzónáinak területi eloszlása a jelenben (T1), a közeljövőben (T2) és a távoli jövőben (T3) a legkisebb és a legnagyobb területi változást prognosztizáló RCM szimulációk alapján, illetve az ensemble átlag alapján (a térképek jobb felső sarkában: a T1-re és T3-ra vonatkozó térképek egyezésének fokát definiáló Cohen-féle Kappa mutatók)

A 2. ábra alapján elmondhatjuk, hogy T1-ben a vizsgált terület domináns életzóna-típusa a „hideg-mérsékelt üde erdő” lehetett. T3-ra a típus dominanciája visszaszorulhat, nagyrészt a „meleg-mérsékelt száraz erdő” terjeszkedésének hatására. A változások mértéke viszont bizonytalan, a T1-ben minimális területi lefedettséggel ( $\approx 5\%$ ) jellemezhető meleg-

mérsékelt típus: a. a legkisebb változást prognosztizáló szimuláció esetében a vizsgált terület közel egyharmadán; b. az ensemble átlag esetében közel 40%-án; c. a legnagyobb változást becsülő szimuláció esetében pedig a vizsgált terület kb. kétharmadán jelenhet meg T3-ra.

Az Alpok, az Északnyugati- és Északkeleti-Kárpátok jellegzetes életzóna-típusai T1-ben a „boreális esős erdő” és a „boreális nedves erdő” lehetnek (2. ábra). T3-ra ezek a típusok teljesen eltűnhetnek a vizsgálati területről, helyüket többnyire a „hideg-mérsékelt nedves erdő” és a „hideg-mérsékelt üde erdő” típusok vehetik majd át. Magyarország területén az éghajlat T1-ben három típusnak kedvezett: a. hideg-mérsékelt üde erdő; b. hideg-mérsékelt füves puszta; c. meleg-mérsékelt száraz erdő. A századvégre azonban teljesen eltűnhet a „hideg-mérsékelt üde erdő”, míg az ensemble átlag és a RCA3/HadCM3Q szimuláció alapján a délal-földi területeken megjelenhet a „meleg-mérsékelt tövises puszta” is. Az utóbbi típus a szemiárid nedvességi karakterisztikákat jelzi, azaz a légkör ezeken a területeken vélhetőleg a csapadékból származó vízmennyiség kétszeresénél is többet lesz majd képes elpárologtatni – ellehetetlenítve így számos takarmány- és élelmiszernövény gazdaságos termesztését.

A 3. ábra alapján a szélességi övekre és a nedvességi tartományokra összpontosítva a következő megállapítások tehetjük. A humid és a perhumid jellegű életzónák kiterjedése 3,3–13,7%-kal és 14,2–25,2%-kal csökkenhet T1 és T2 között. Ugyanezen a mérőszámok T1 és T3 között nagyságrendekkel nagyobbak lehetnek: a. humid – 22–56,2%; b. perhumid – 35,1–72,2%. A meleg-mérsékelt öv lefedettsége T1 és T3 között akár megtízszereződhet, míg a hideg-mérsékelt öv kiterjedése 33,2–68,2%-kal csökkenhet a két időszak között. A boreális öv és a szuperhumid nedvességi tartomány teljesen eltűnhet a Kárpát-medence régiójából, míg megjelenhet a szubtrópusi öv és a szemiárid nedvességi jelleg.

Figyelembe véve, hogy a Cohen-féle Kappa mutató nem minőségi, hanem mennyiségi változásokat jellemez, meg kell jegyeznünk, hogy az elemzéseink sarokpontjául választott szimulációk nem minden esetben a változások szélsőértékeit képviselik.

## 4.2. Az életzónák átlagos középpontja

Munkánk során vizsgáltuk az életzónák átlagos középpontjainak elmozdulásait is. Szem előtt tartva a tényt, miszerint egy adott életzóna-típus középpontja nem feltétlenül esik magába az életzónába – annak töredezettsége miatt –, jelen dolgozatban nem közöljük az ide kapcsolódó térképeket. Kizárólag az átlagos középpontok elmozdulásának irányára és úthosszára fókuszálunk. A dolgozat terjedelmi korlátai miatt pedig csak a T1 és T3 között történő közép-pont-elmozdulásokra összpontosítunk (2. táblázat).

Életzóna-típusok	Elmozdulások T1-ről T3-ra					
	HIRHAM5/ECHAM5		ensemble átlag		RCA3/HadCM3Q	
	<i>h</i> [km]	<i>i</i>	<i>h</i> [km]	<i>i</i>	<i>h</i> [km]	<i>i</i>
Boreális nedves erdő	147,4	K	Ø	Ø	Ø	Ø
Boreális esős erdő	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
Hideg-mérsékelt füves puszta	138,9	K	248,1	ÉK	414,8	K
Hideg-mérsékelt üde erdő	98,0	É	78,0	É	104,0	É
Hideg-mérsékelt nedves erdő	126,2	ÉK	82,7	É	117,8	É
Meleg-mérsékelt tövises puszta	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
Meleg-mérsékelt száraz erdő	294,6	ÉNY	290,2	ÉNY	333,4	ÉNY
Meleg-mérsékelt üde erdő	54,6	ÉK	46,7	ÉK	68,1	ÉK
Szubtrópusi száraz erdő	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
Szubtrópusi üde erdő	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø

2. táblázat – Az életzóna-középpontok 1961–1990-es (T1) és 2061–2090-es (T3) időszakok között történő elmozdulásának hossza (*h*) [km] és iránya (*i*) a legkisebb (HIRHAM5/ECHAM5) és a legnagyobb (RCA3/HadCM3Q) területi változást prognosztizáló RCM szimulációk alapján, illetve az ensemble átlag alapján (Ø: az elmozdulás nem értelmezhető; K: kelet, ÉK: északkelet, É: észak, ÉNY: északnyugat)



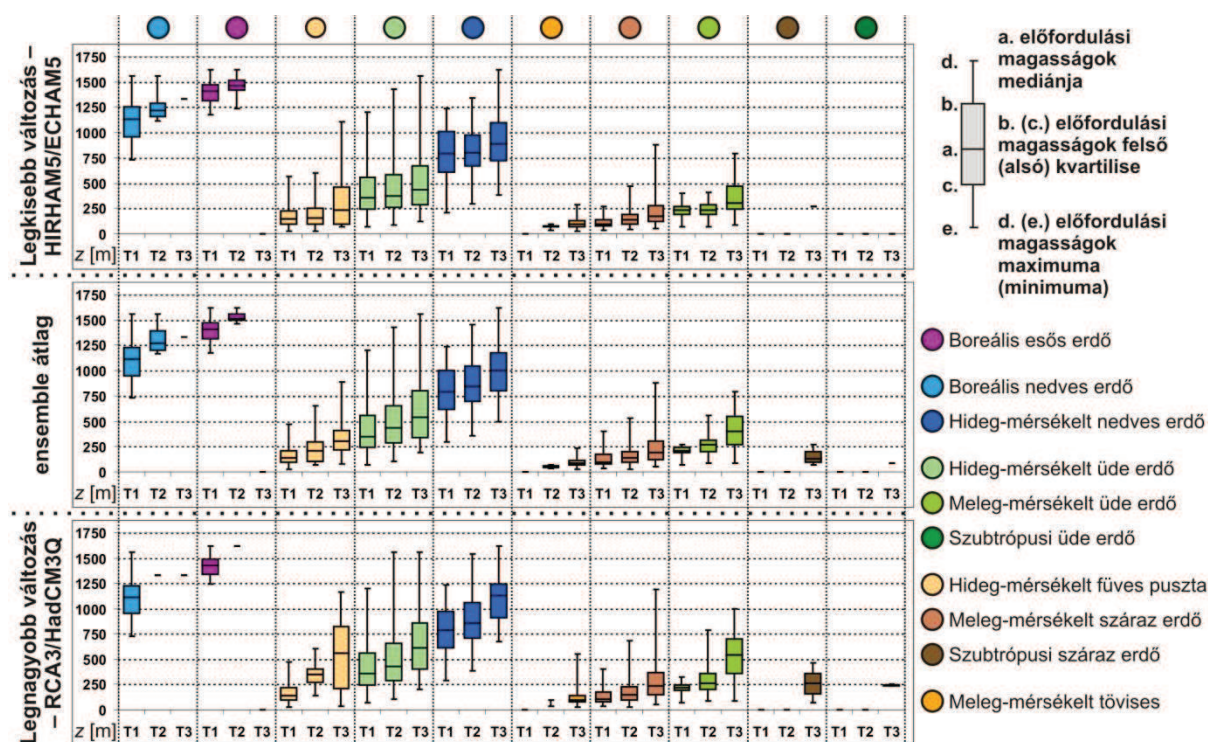
A vizsgált 150 éves periódusban, a Kárpát-medence régiójában összesen 10 db életzóna-típust azonosíthatunk be. T3-ban viszont diagnosztizálhatunk három olyan típust, amely T1-ben valószínűleg még nem volt jelen; illetve a századvégre a T1 jellegzetes életzóna-típusai közül kettő is teljesen eltűnhet a Kárpát-medence régiójából. Így a 10 esetből végül csak 5 esetében tudtuk értelmezni az átlagos középpontok elmozdulását.

Az átlagos középpont a „hideg-mérsékelt üde erdő” esetén 78–104 km-rel, a „hideg-mérsékelt nedves erdő” esetén 82,7–117,8 km-rel tolódhat északabbra T1 és T3 között (2. táblázat). A „meleg-mérsékelt száraz erdő” átlagos középpontja jelentős mértékben (290,2–333,4 km) északnyugati irányba mozdulhat el. A „meleg-mérsékelt üde erdő” átlagos középpontja szerényebb mértékben, mintegy 46,7–68,1 km-rel tolódhat északkeletre. A „hideg-mérsékelt füves puszta” átlagos középpontja nagy valószínűséggel keleti irányba fog elmozdulni. A napjainkban még a Kárpát-medence középső területre koncentrálódó életzóna-típus teljesen a Kárpátokon kívülre szorulhat a századvégre, helyét többnyire a „meleg-mérsékelt száraz erdő” és a „meleg-mérsékelt tövises puszta” veheti majd át.

Az életzónák többsége tehát a jövőben valószínűleg északi irányba fog elmozdulni. A jelen dolgozatban definiált életzóna-térképek tér- és időskálája azonban nem teszi lehetővé, hogy teljes körűen megbizonyosodjunk a prognosztizált változások irányáról és mértékéről.

### 4.3. Az életzónák vertikális kiterjedése

Az életzónák horizontális eloszlása mellett vizsgálati szempont volt azok vertikális kiterjedése is. A 3. ábra az életzónák vertikális eloszlásának főbb jellemzőit mutatja be a korábban megállapított időszakokra nézve, Box-Whisker diagramok segítségével: a legkisebb és a legnagyobb területi változást prognosztizáló szimulációkra, és az ensemble átlagra.



3. ábra – Az életzóna-típusok vertikális kiterjedése az 1961–1990-es (T1), a 2021–2050-es (T2) és az 2061–2090-es (T3) időszakokban a legkisebb és a legnagyobb területi változást prognosztizáló RCM szimulációk alapján, illetve az ensemble átlag alapján

A 3. ábra alátámasztja korábbi kijelentésünket, miszerint a boreális öv két életzóna-típusa közvetlenül kapcsolódhatott T1-ben a magashegységekhez. A „boreális nedves erdő”



közepes előfordulási magassága meghaladhatta az 1110 m-t, míg a „boreális esős erdő” típusé az 1410 m-t az 1961–1990-es időszakban. A „boreális esős erdő” vertikális kiterjedése T1-ben még nagyobb volt, mint a 800 m. T2-ben viszont a legkisebb területi változást becsülő szimuláció esetén már csak 447,32 m volt, míg a legnagyobb változást prognosztizáló szimuláció esetén már nem is volt értelmezhető.

Azokban az esetekben, ahol definiálhatjuk a közepes előfordulási magasságok T1-ről T2-re és T2-ről T3-ra történő megváltozását, minden esetben növekedést prognosztizálhatunk. Többnyire a minimális előfordulási magasságok is növekedhetnek a jövőben, kivételt képez ez alól az RCA3/HadCM3Q szimuláció esetében a „hideg-mérsékelt füves pusztá” T2-ről T3-ra történő megváltozása. A hideg-mérsékelt és a meleg-mérsékelt öv életzónáinak maximális előfordulási magassága is növekedhet T1-ről T2-re és T2-ről T3-ra. Ez alól kivételt képez az RCA3/HadCM3Q szimuláció esetében a „hideg-mérsékelt üde erdő” T2-ről T3-ra történő megváltozása.

Összességében elmondható, hogy a kiválasztott szimulációk és az ensemble átlag alapján a jövőben valószínűleg növekedni fognak a közepes, illetve a minimális és a maximális előfordulási magasságok, azaz a századvégre az életzónák többnyire magasabbra húzódhatnak majd.

## 5. Összefoglalás

A Kárpát-medence régiójának életzónáit vizsgáltuk az ENSEMBLES projekt 11 db klíma-szimulációjának hibakorrigált hőmérséklet- és csapadékmezőit felhasználva. Vizsgálati szempont volt az életzónák horizontális és vertikális eloszlása, illetve átlagos középpontja. Munkánk során a jelenre (1961–1990, T1), a közeljövőre (2021–2050, T2) és a távoli jövőre (2061–2090, T3) nézve határoztuk meg a fenti paramétereket, majd vizsgáltuk azok időbeli változását. A Cohen-féle Kappa mutatót ( $\kappa$ ) alkalmazva meghatároztuk a legnagyobb és a legkisebb területi változást becsülő szimulációkat. Jelen dolgozatban csak a két kiválasztott szimulációra és az ensemble átlagra vonatkozó eredményeket ismertettük.

A Kárpát-medence régiójában T1-ben összesen 7 db életzóna-típust diagnosztizálhatunk. Az alkalmazott szimulációk alapján T3-ra jelentősen megváltozhat az életzónák területi eloszlása. A régióból valószínűleg eltűnhetnek a boreális öv életzóna-típusai, míg megjelenhetnek olyan – napjainkban Európán belül legfőképp Spanyolországban jellemző – típusok, mint például a „meleg-mérsékelt tövises pusztá” és a „szubtrópusi száraz erdő”. A humid és a perhumid jellegű életzónák kiterjedése 22–56,2%-kal és 35,1–72,2%-kal csökkenhet T1 és T3 között. A meleg-mérsékelt öv kiterjedése akár megtízszereződhet T1 és T3 között, míg ugyanekkor a hideg-mérsékelt öv harmadával–kétharmadával is csökkenhet. Mint tapasztaltuk, a változások jellege, iránya egybecseng, azonban mértéke bizonytalan. A kiválasztott szimulációk és az ensemble átlag alapján a jövőben növekedni fognak a közepes, illetve a minimális és a maximális előfordulási magasságok, azaz a századvégre az életzónák többnyire magasabbra húzódhatnak. Az életzónák többsége nagy valószínűséggel északi irányba fog elmozdulni, azonban az alkalmazott tér- és időskála miatt annak bizonyosságáról nem tudtunk meggyőződni. Figyelembe véve továbbá, hogy a  $\kappa$  nem minőségi, hanem mennyiségi változásokat jellemez, meg kell jegyeznünk, hogy az elemzéseink sarokpontjául választott szimulációk nem minden esetben a változások szélsőértékeit képviselték. Emiatt úgy hisszük, hogy a fenti paramétereket érdemes lenne évtizedes bontásban is meghatározni. Az így lehetővé váló trendvizsgálat segítségével pedig teljes körűen mérhetnénk fel a változások bizonytalanságát.

Összegzőképpen elmondható, hogy Holdridge életzóna modelljét alkalmazva megfelelően tudtuk bemutatni, hogy az éghajlatváltozás hogyan is érintheti a Kárpát-medence régióját a jövőben. A szemléletes módszer elképzeléseink szerint lehetővé teszi, hogy eredményeink akár a lakossági tájékoztatásban is felhasználhatóak legyenek.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Köszönettel tartozunk Dr. Pongrácz Ritának, Dr. habil. Bartholy Juditnak és Kis Annának, hogy hozzáférést biztosítottak az általuk előállított korrigált csapadékmezőkhöz.

A felhasznált regionális klímamodell-szimulációkat és az E-OBS adatbázist az ENSEMBLES projekt (<http://ensembles-eu.metoffice.com>) keretében állították elő, amelyet az EU FP6 program támogatott. Az E-OBS adatbázis alapját képező állomási adatokat az ECA&D projekt (<http://eca.knmi.nl>) bocsátotta rendelkezésre.

### Irodalomjegyzék

- Chen, X., Zhang, X.S., Li, B.L. (2003): The possible response of life zones in China under global climate change. *Global and Planetary Change*, **38/3–4**, 327–337.
- Emanuel, W.R., Shugart, H.H., Stevenson, M.P. (1985): Climatic change and the broad-scale distribution of terrestrial ecosystem complexes. *Climatic Change*, **7/1**, 29–43.
- Formayer, H., Haas, P. (2009): Correction of RegCM3 model output data using a rank matching approach applied on various meteorological parameters. In: Deliverable D3.2 RCM output localization methods (BOKU-contribution of the FP 6 CECILIA project), 5–15.
- Hart, J.F. (1954): Central tendency in areal distributions. *Economic Geography*, **30/1**, 48–59.
- Haylock, M.R., Hofstra, N., Klein Tank, A.M.G., Klok, E.J., Jones, P.D., New, M. (2008): A European daily highresolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. *Journal of Geophysical Research*, **113**, D20119, 12 p.
- Holdridge, L.R. (1947): Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*, **105/2727**, 367–368.
- Holdridge, L.R. (1959): Simple method for determining potential evapotranspiration from temperature data. *Science*, **130/3375**, 572.
- Holdridge, L.R. (1967): Life zone ecology. Tropical Science Center. San Jose, Costa Rica, 206 p.
- Monserud, R.S., Leemans, R. (1992): Comparing global vegetation maps with the Kappa statistics. *Ecological Modelling*, **62/4**, 275–293.
- Nakicenovic, N., Swart, R. (2000): Emissions Scenarios. A special reports of IPCC Working Group III. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 570 p.
- Pongrácz, R., Bartholy, J., Kis A. (2013): Analysis of precipitation-related climate indices projected for Central/Eastern Europe using bias-corrected ENSEMBLES simulations. 93rd Annual Meeting of the American Meteorological Society/25th Conference on Climate variability and change. Austin, TX. 6–10 January 2013. Paper 100
- van der Linden, P., Mitchell, J.F.B. (2009): ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK, 160 p.
- Yue, T.X., Fan, Z.M., Chen, C.F., Sun, X.F., Li, B.L. (2011): Surface modelling of global terrestrial ecosystems under three climate change scenarios. *Ecological Modelling*, **222/14**, 2342–2361.
- Yue, T.X., Fan, Z.M., Liu, J.Y., Wei, B.X. (2006): Scenarios of major terrestrial ecosystems in China. *Ecological Modelling*, **199/3**, 363–376.